

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-25374

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月29日

(51) Int.Cl.⁵

識別記号

F I

G 0 8 B 17/107

G 0 8 B 17/107

A

G 0 1 N 21/53

G 0 1 N 21/53

B

C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-173980

(22) 出願日

平成9年(1997) 6月30日

(71) 出願人 000003403

ホーチキ株式会社

東京都品川区上大崎2丁目10番43号

(72) 発明者 遠藤 一郎

東京都品川区上大崎2丁目10番43号 ホーチキ株式会社内

(72) 発明者 山内 幸雄

東京都品川区上大崎2丁目10番43号 ホーチキ株式会社内

(72) 発明者 滴瀬 元治

東京都品川区上大崎2丁目10番43号 ホーチキ株式会社内

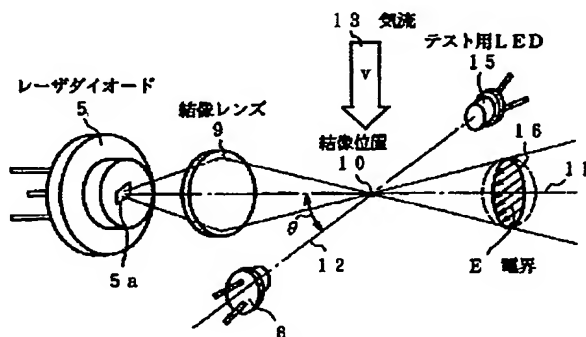
(74) 代理人 弁理士 竹内 進 (外1名)

(54) 【発明の名称】 煙感知装置

(57) 【要約】

【課題】 試験用の煙を使用せずに、検煙領域に対し煙粒子の1つ1つを通過させたことに相当する擬似的な感度試験を簡単且つ正確に行う。

【解決手段】 受光素子6の光軸上の対向位置にテスト用LED15を配置し、テスト用LEDをパルス的に発光駆動して検煙領域を煙粒子が通過した際の散乱光に相当する試験パルス光を受光素子6に入射させ、この試験パルス光による受光パルス信号に基づいて煙濃度の検出感度を試験する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】監視区域から吸引した空気中に浮遊する煙粒子を光学的に検出して火災を判断する煙感知装置に於いて、

レーザダイオードから出射されたレーザ光を吸入空気が通過する検煙領域に照射する投光部と、

前記検煙領域を通過する煙粒子による散乱光を受光素子で受光して受光パルス信号を出力する受光部と、

前記受光部からの受光パルス信号に基づいて煙濃度を検出する煙濃度検出部と、

前記受光素子の光軸上の対向位置に試験用発光素子を配置した試験発光部と、

前記試験用発光素子をパルスの発光駆動して前記検煙領域を煙粒子が通過した際の散乱光に相当する試験パルス光を前記受光素子に入射させ、該試験パルス光による前記受光部からの受光パルス信号に基づいて前記煙濃度検出部の検出感度を試験する感度試験部と、を備えたことを特徴とする煙感知装置。

【請求項2】請求項1記載の煙感知装置に於いて、前記感度試験部は、

前記検煙部を通過する煙粒子の通過速度に応じて、試験パルス光のパルス幅を設定するパルス幅設定部と、

前記煙粒子の通過速度と試験しようとする煙濃度に基づいて、単位時間当たりの試験パルスの発光回数を設定する発光回数設定部と、

前記パルス幅と発光回数の各設定値に基づいて前記試験用発光素子を発光駆動する試験パルス発生部と、を備えたことを特徴とする煙感知装置。

【請求項3】請求項1記載の煙感知装置に於いて、

前記パルス幅設定部は、煙粒子の通過速度と試験パルス光のパルス幅との対応関係を予め設定したテーブル情報を備え、

前記発光回数設定部は、煙粒子の通過速度と試験しようとする煙濃度に対する単位時間当たりの試験パルスの発光回数の対応関係を予め設定したテーブル情報を備えたことを特徴とする煙感知装置。

【請求項4】請求項1記載の煙感知装置に於いて、

前記発光部は、レーザダイオードの出射面の光源像を結像レンズにより前記検煙領域に結像し、

前記受光部は、前記受光素子を前記検煙領域の前記光源像の結像位置を通して所定方向に設定された光軸上に配置して煙粒子の散乱光を受光することを特徴とする煙感知装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、監視区域から吸引した空気中に浮遊する煙粒子をレーザ光を用いて光学的に検出して火災を判断する煙感知装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、コンピュータールームや半導体製造

施設等においては、監視区域から吸引した空気中に浮遊する煙粒子を含む空中浮遊粒子（エアロゾル）の粒子数をレーザ光を用いて光学的に検出し、単位時間当たりの粒子数から例えば0.05%～0.20%/mといった微弱な煙濃度を検出し、検出した煙濃度が所定値を越えた極く初期の段階で火災と判断する超高感度の煙感知装置が使用されている。

【0003】このような超高感度の煙感知装置においては、定期的又は必要に応じて煙濃度の検出感度を確認するための感度試験を必要とする。従来の感度試験は、例えば0.05%/m～0.20%/mといった範囲の予め濃度の判明している試験用の煙を準備し、試験用の煙を検知配管等から実際に装置に吸引させて検煙部を通過させることで感度試験を行っている。

【0004】この試験用の煙としては、例えば煙粒子と同等な0.3μm～0.5μmをもったポリスチレンラテックス粒子を擬似的な煙粒子に使用して感度試験を行うことができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の感度試験においては、ポリスチレンラテックス粒子等を使用して試験用の煙を予め準備しなければならず、感度試験に手間と時間がかかり、簡単に感度試験を行うことができないという問題があった。また試験用の煙を使用した感度試験においては、特定の煙濃度となる一点の感度試験はできても、例えば煙濃度を段階的に変化させるような感度試験は困難であり、感度試験の信頼性が十分に得られない問題があった。

【0006】本発明は、このような従来の問題点に鑑みてなされたもので、試験用の煙を使用せずに、検煙領域に対し煙粒子の1つ1つを通過させたことに相当する擬似的な感度試験が簡単且つ正確にできるようにした煙感知装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため本発明は、次のように構成する。即ち、本発明は、監視区域から吸引した空気中に浮遊する煙粒子を光学的に検出して火災を判断する煙感知装置であり、レーザダイオードから出射されたレーザ光を吸入空気が通過する検煙領域に照射する投光部と、検煙領域を通過する煙粒子による散乱光を受光素子で受光して受光パルス信号を出力する受光部と、受光部からの受光パルス信号に基づいて煙濃度を検出する煙濃度検出部を備える。

【0008】これに加え本発明においては、受光素子の光軸上の対向位置に試験用発光素子を配置した試験発光部と、試験用発光素子をパルスの発光駆動して検煙領域を煙粒子が通過した際の散乱光に相当する試験パルス光を受光素子に入射させ、この試験パルス光による受光部からの受光パルス信号に基づいて煙濃度検出部の検出感度を試験する感度試験部とを設けたことを特徴とす

る。

【0009】このように検煙領域を通過する煙粒子の1つ1つの対応した散乱光に相当する試験パルス光を発光して受光素子に直接入射させることで、予め煙濃度に対する単位時間当たりの煙粒子の通過数の関係を求めておけば、任意の煙濃度に対応した感度試験が簡単且つ高精度にできる。ここで本発明の感度試験部は、例えば検煙部を通過する煙粒子の通過速度に応じて試験パルス光のパルス幅を設定するパルス幅設定部、煙粒子の通過速度と試験しようとする煙濃度に基づいて単位時間当たりの試験パルスの発光回数を設定する発光回数設定部、及びパルス幅と発光回数の各設定値に基づいて試験用発光素子を発光駆動する試験パルス発生部を備える。

【0010】またパルス幅設定部は、煙粒子の通過速度と試験パルス光のパルス幅との対応関係を予め設定したテーブル情報を備え、発光回数設定部は、煙粒子の通過速度と試験しようとする煙濃度に対する単位時間当たりの試験パルスの発光回数の対応関係を予め設定したテーブル情報を備える。即ち、試験パルス光のパルス幅は、通過する煙粒子の通過速度に応じて決まる。また試験パルス光の単位時間当たりの発光回数は、煙粒子の通過速度が一定であれば、煙濃度に応じた単位時間当たりの煙粒子の通過数により決まる。更に、単位時間当たりの煙粒子の通過数は、煙粒子の通過速度により変化することから、一般的には、試験パルス光の単位時間当たりの発光回数は、煙粒子の通過速度と煙濃度に応じた単位時間当たりの煙粒子の通過数により決まることになる。

【0011】更に、本発明の煙感知装置に使用する発光部は、レーザダイオードの出射面の光源像を結像レンズにより検煙領域に結像し、受光部は、受光素子を検煙領域の光源像の結像位置を通して所定方向に設定された光軸上に配置して煙粒子の散乱光を受光する。このような検煙領域に微小なスポットを形成する結像光学系を使用することで、検煙領域となる結像位置を $1\mu\text{m}$ 前後の秒なスポット領域とし、粒子径が $0.3\sim 1.0\mu\text{m}$ 程度の範囲にある煙粒子を1つ単位で正確に検出できるようにし、この結果、試験パルス光を煙粒子1つ1つに対応して散乱光に相当する試験パルス光を擬似的に発光させる感度試験ができる。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は本発明の煙感知装置の全体的な装置構成である。図1において、煙感知装置1はコンピュータルームや半導体製造設備を設置したクリーンルーム等の清浄空間に設置されており、煙感知装置1に対し警戒区域に設置した検知配管2を接続している。検知配管2は例えばT字型の配管であり、複数の吸込穴3を備えている。

【0013】煙感知装置1に設けた検煙部4のインレットに対しては検知配管2が接続され、アウトレット側は吸引装置7を備えたチャンバに開口されている。監視状

態において、吸引装置7はモータ駆動により所定流量の空気を吸引しており、このため警戒区域に設置した検知配管2の吸込穴3より吸い込まれた空気が検煙部4を通過して吸引装置7により排出されている。

【0014】検煙部4には発光素子としてレーザダイオード(LD)5と受光素子としてフォトダイオード6が設けられ、フォトダイオード6としては例えばPINフォトダイオードが使用される。レーザダイオード5からのレーザ光が吸引した空気中の煙粒子を含む空中浮遊粒子(エアロゾル)に照射されると散乱光が発生し、この散乱光をフォトダイオード6で検出して受光パルス信号として信号処理部8に出力する。

【0015】信号処理部8はフォトダイオード6からの煙粒子ごとに得られる散乱光の受光パルス信号を処理して、例えば単位時間当たりの粒子数をカウントし、この単位時間当たりの散乱光のカウント値と煙濃度との間には予め対応関係が分かっていることから、例えば散乱光のカウント値を煙濃度に変換し、予め定めた所定の煙濃度以上となったときに火災と判断して火災検出信号を外部に出力する。

【0016】更に、信号処理部8で散乱光のカウント値から検出している煙濃度は例えば $0.05\%/m\sim 0.20\%/m$ といった極めて微弱な煙濃度であり、極く初期の段階で火災と判断する超高感度の煙濃度検出ができる。図2は図1の検煙部4に設けた本発明による散乱光式の煙粒子検出構造であり、感度試験のための機能を備えている。図2において、レーザダイオード5はレーザダイオードチップ5aを備え、電界が所定方向に定まった単偏向発振のレーザ光を出射する。レーザダイオード5から出射されたレーザ光は、拡散波として投光光軸11方向に離れるにつれて広がる。

【0017】レーザダイオード5に続いては結像レンズ9が配置されており、レーザダイオード5からのレーザ光を集光して、気流13が通過する結像位置10にレーザダイオードチップ5aの出射面の光源像を結像している。結像レンズ9によるレーザダイオード5の光源像の結像位置10に対しては、投光光軸11に対し例えば直交する方向に受光光軸12をもってフォトダイオード6を設置している。この実施形態において、フォトダイオード6は、結像位置10を過ぎて拡散するレーザ光の光軸断面方向の光強度分布を表わす楕円パターン(ファークフィールド・パターン)16に矢印で示す電界Eの方向と平行な受光光軸12上にフォトダイオード6を配置している。更に、結像位置10を通るフォトダイオード6の光軸12の反対側の対向する位置には、試験用発光素子としてテスト用LED15が設けられている。

【0018】図2の散乱光式の煙粒子検出構造にあっては、図1のように吸引装置7の吸引による監視空間からの吸入空気が気流13として結像位置10を通過している。レーザダイオード5からのレーザ光は結像レンズ9

で集光され、結像位置 10 に微小スポットとしてのレーザダイオード 5 の光源像を結像している。この光源像は、レーザダイオードチップ 5 a の出射面に形成されるニア・フィールド・パターンの像であり、 $1\mu\text{m}$ 前後の微小なスポット領域となる。このため結像位置 10 のスポット部分を、気流 13 に含まれる煙粒子が 1 つずつ通過する。結像位置 10 のビームスポットの中を煙粒子が 1 つ通過すると散乱光が生じ、この散乱光はレーザ光の電界 E の方向と平行に配置した受光素子 6 により最も効率よく受光され、受光パルス信号が得られる。

【0019】一方、本発明の煙感知装置 1 の感度試験を行う際には、レーザダイオード 5 の発光駆動を停止し、また吸引装置 7 による空気の吸入を停止した状態でテスト用 LED 15 に対し試験パルス信号を印加してパルスの発光駆動させ、結像位置 10 を煙粒子 1 つ 1 つが通過したと同等な散乱光に相当する試験パルス光を受光素子 6 に入射させる。

【0020】この煙粒子が通過した際の散乱光に相当する試験パルス光の強さと発光時間は、吸引装置 7 の吸引流量に比例する煙粒子の通過速度 v と、感度試験を行う煙濃度に対応する単位時間当たりの煙粒子の数で決まる。即ち、煙粒子の通過速度 v によってテスト用 LED 15 で発行する発行パルス光の発行時間（パルス幅）が決まり、通過速度 v と煙濃度で決まる単位時間当たりの煙粒子の通過数により単位時間当たりの発光回数が決まる。

【0021】図 3 は図 1 の信号処理部 8 のブロック図である。信号処理部には制御部 18 が設けられ、制御部 18 としては例えば MPU によるプログラム制御で実現できる。制御部 18 には煙濃度検出部 19 としての機能が設けられ、定常監視状態で発光駆動回路 20 を作動してレーザダイオード 5 を発光駆動している。同時にフォトダイオード 6 からの受光パルス信号を受光回路 21 で処理した後に入力して、単位時間当たりの受光パルス信号の数即ち煙粒子の数をカウントし、これを予め定めた変換テーブルを使用して、必要があれば煙濃度に変換し、更に必要に応じて予め定めた所定の煙濃度と比較して、これを越えたときに火災と判断して火災検出信号を外部に出力する。

【0022】また受光パルス数のカウント値を煙濃度に変換せずに、そのまま所定のカウント値と比較して火災を判断することもできる。また、火災を判断せずに単位時間当たりのカウント値もしくはカウント値から変換した煙濃度の検出情報を外部に出力するようにしてもよい。更に本発明にあっては、制御部 18 に感度試験部 22 が設けられる。感度試験部 22 は、制御部 18 に対し感度試験モードの設定が行われると、試験パルス信号を試験駆動回路 23 に出力してテスト用 LED 15 の試験発光駆動を行う。このテスト用 LED 15 からの試験パルス光は、フォトダイオード 6 で受光されて受光パルス

信号となり、受光回路 21 を介して煙濃度検出部 19 に入力され、単位時間当たりの受光パルスのカウント値を例えば変換テーブルにより煙濃度に変換する。

【0023】この変換結果を感度試験部 22 に取り込み、最初に設定した試験用の煙濃度と実際に煙濃度検出部 19 で検出された検出煙濃度とを比較し、両者が一致することで所定の検出感度が得られることを確認できる。また感度試験部 22 に設定した試験煙濃度に対し、煙濃度検出部 19 で試験発光に基づいて得られた検出煙濃度に誤差があった場合には、フォトダイオード 6、受光回路 21 及び煙濃度検出部 19 の機能が正常でないことから、必要な調整や補正などの処理を行う。

【0024】例えば受光回路 21 における受光パルス信号の増幅度が低い場合には、試験パルス光に対し受光パルスが欠落して受光パルスのカウント値が低めとなることから、受光回路 21 における増幅器の利得を十分な受光レベルが得られるように調整すればよい。またフォトダイオード 6 及び受光回路 21 を最適状態に調整しても、煙濃度検出部 19 で検出される煙濃度が感度試験部 22 に設定した設定煙濃度と異なる場合には、設定煙濃度と検出煙濃度の関係から補正係数を求め、この補正係数を煙濃度検出部 19 に記憶させておくことで、実際の監視状態にあっては、検出された煙濃度に感度試験の際に求められた補正係数を用いて補正した煙濃度を求めることができる。

【0025】図 4 は図 3 の感度試験部 22 の機能ブロック図である。図 4 の感度試験部 22 は、パルス幅設定部 24、発光回数設定部 25 及び試験パルス発生部 32 で構成される。パルス幅設定部 24 は、テスト用 LED 15 に供給する試験パルス信号のパルス幅 T_w を設定する。この試験パルスのパルス幅 T_w は、図 2 の検煙部となる結像位置 10 を通過する煙粒子の通過速度 v に応じており、通過速度 v は図 1 に設けている吸引装置 7 による気流の吸引流量により決まっている。

【0026】具体的には、吸引装置 7 の吸引流量が固定であれば、固定的に煙粒子の通過速度 v を決めておけばよい。また吸引装置 7 の吸引流量が複数段階に可変できる場合には、各段階の吸引流量に応じた煙粒子の通過速度 v_1 、 v_2 、 \dots 、 v_n のそれぞれについて、対応する試験パルスのパルス幅 T_w を定めておけばよい。このパルス幅設定部 24 は、具体的には、そのときの煙粒子の通過速度 v を設定するレジスタ 26、レジスタ 26 に設定した煙粒子の通過速度 v をインデックスとして予め定めた試験パルスのパルス幅 T_w に変換するパルス幅変換テーブル 27、パルス幅変換テーブル 27 の参照結果を格納するレジスタ 26 で構成される。

【0027】図 5 (A) はパルス幅変換テーブル 27 の一例であり、粒子通過速度が例えば 1.0 m/s と 2.0 m/s の 2 段階に設定変更できる場合を例にとっている。粒子速度が例えば 1.0 m/s の場合の発光パルス

10

20

30

40

50

幅は例えば $60 \mu s$ であり、これに対し粒子通過速度が 2 倍の $2.0 m/s$ となったときには発光パルス幅は半分の $30 \mu s$ となっている。

【0028】再び図 4 を参照するに、発光回数設定部 25 は煙粒子の通過速度 v と感度試験を行おうとする設定煙濃度に基づいて、単位時間当たりの煙粒子通過数に一致する試験パルスの発光回数を設定する。この発光回数設定部 25 は、粒子通過速度 v と感度試験しようとする設定煙濃度を格納するレジスタ 29、レジスタ 29 の煙粒子の通過速度 v と感度試験を行う設定煙濃度をインデックスとして試験発光回数を読み出す試験発光回数変換テーブル 30、更に試験発光回数変換テーブル 30 で求めた試験発光回数を保持するレジスタ 31 で構成される。

【0029】図 5 (B)、(C) は図 4 の試験発光回数変換テーブル 30 の一例であり、図 5 (B) は粒子通過速度 $v = 1.0 m/s$ のときの煙濃度 $0.05, 0.10, 0.15, 0.20 [\%/m]$ をインデックスとした単位時間当たりのカウント数 $[\text{個}/s]$ であり、このカウント数はそのまま試験発光パルスの試験発光回数を表わす。

【0030】図 5 (C) は粒子通過速度 $v = 2.0 m/s$ の場合の試験発光回数変換テーブル 30 であり、図 5 (B) と同じ 4 段階の煙濃度 $0.05, 0.10, 0.15, 0.20 [\%/m]$ について、この場合は粒子通過速度 v が 2 倍になっていることから、単位時間当たりのカウント数も 2 倍の $50, 100, 150, 200$ となっている。

【0031】再び図 4 を参照するに、試験パルス発生部 32 はパルス幅設定部 24 により設定されたパルス幅を持ち、且つ発光回数設定部 25 により設定された単位時間当たりの発光回数に基づいた試験パルスを発生し、図 3 の試験発光駆動回路 23 によりテスト用 LED 15 を発光駆動して試験パルス光を出力させる。このときの試験パルス光の強さは、試験駆動回路 23 から出力する試験パルス信号の出力レベルにより検煙部を煙粒子が 1 個通過したときの散乱光の受光レベルとなるように調整されている。

【0032】もちろん、試験駆動回路 23 による電気的なレベル調整以外に、図 2 のようにテスト用 LED 15 からの試験発光パルスを直接受光素子 6 に入射せず、テスト用 LED 15 の前にスリットを設けることで試験発光パルスの光量を煙粒子による散乱光相当量に調整してもよい。図 6 は本発明の煙感知装置における感度試験のタイミングチャートであり、図 6 (A) が試験パルス、図 6 (B) が試験パルスの受光信号、更に図 6 (C) が受光信号を波形成形して得られた受光パルス信号である。まず図 6 (A) の試験パルスは、図 4 の感度試験部 22 の機能ブロックから明らかなように、1 つの試験パルスのパルス幅 T_w が煙粒子の通過速度 v に応じてパ

ルス幅設定部 24 により例えばパルス幅変換テーブル 27 を使用して求められ、試験パルス発生部 32 に設定されている。

【0033】また単位時間 T 当たりの発光回数 n は、そのときの感度試験のための設定煙濃度と煙粒子の通過速度 v により図 4 の試験発光回数変換テーブル 30 から求められ、試験パルス発生部 32 に設定されている。この状態で感度試験を行うと、図 6 (A) のようにパルス幅 T_w で単位時間 T 当たり n 回となる試験パルスがテスト用 LED 15 に供給されて試験パルス光の発光駆動が行われる。

【0034】このため、図 6 (B) のようにフォトダイオード 6 からは試験パルス光に対応した受光信号が得られ、これを受光回路 21 で増幅した後にパルス信号に波形成形することで、図 6 (C) の受光パルス信号が得られる。このときフォトダイオード 6 及び受光回路 21 側に問題がなければ、試験パルスに 1 対 1 に対応した受光パルス信号が得られる。

【0035】この受光パルス信号は図 3 の煙濃度検出部 19 に入力され、単位時間 T 当たりのパルス数 n がカウントされ、カウント数 n に対応した煙濃度を変換テーブルから求め、試験時に設定した設定煙濃度と検出煙濃度とが一致すれば、正常な検出感度にあることが分かる。また感度試験にあつては、例えば図 5 (B) (C) に示したように、感度試験のための設定煙濃度を $0.05 \sim 0.20 [\%/m]$ のように 4 段階に切り替えながら、そのときの実際のカウント数に基づいた検出煙濃度を求め、検出感度が正しく得られているかどうか確認できる。もちろん、段階的ではなく連続的に煙濃度を変えながらカウント値を求め、更に煙濃度に変換して設定煙濃度との関係をチェックしてもよい。

【0036】

【発明の効果】以上説明してきたように本発明によれば、散乱光式の受光素子の光軸上の対向位置に試験用発光素子を配置し、この試験用発光素子をパルスの発光駆動して検煙領域を煙粒子が通過した際の散乱光に相当する試験パルス光を発光して煙濃度の検出感度を試験することができ、試験用の煙を使用しないことから感度試験が簡単にでき、また煙粒子 1 つ 1 つの通過に対応した試験発光パルスによる感度試験であることから、感度試験そのものが高精度にできる。更に試験用の煙を使用した一点での感度調整ではなく、試験する設定煙濃度を段階的もしくは連続的に変えながら試験パルス発光による疑似的な散乱光の受光による検出煙濃度が得られ、簡単に信頼性の高い感度試験が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による煙感知装置の全体構成の説明図

【図 2】感度試験機能を備えた本発明による散乱光式の煙粒子検出構造の説明図

【図 3】図 1 の信号処理装置のブロック図

【図4】図3の感度試験部の機能ブロック図

【図5】図4のテーブル情報の説明図

【図6】本発明による感度試験のタイミングチャート

【符号の説明】

1：煙感知装置

2：検知配管

3：吸込穴

4：検煙部

5：レーザダイオード

5a：レーザダイオードチップ

6：フォトダイオード（受光素子）

7：吸引装置

8：信号処理部

9：結像レンズ

* 10：結像位置（検煙領域）

15：テスト用LED（試験用発光素子）

18：制御部

19：煙濃度検出部

20：発光駆動回路

21：受光回路

22：感度試験部

23：試験駆動回路

24：パルス幅設定部

10 25：発光回数設定部

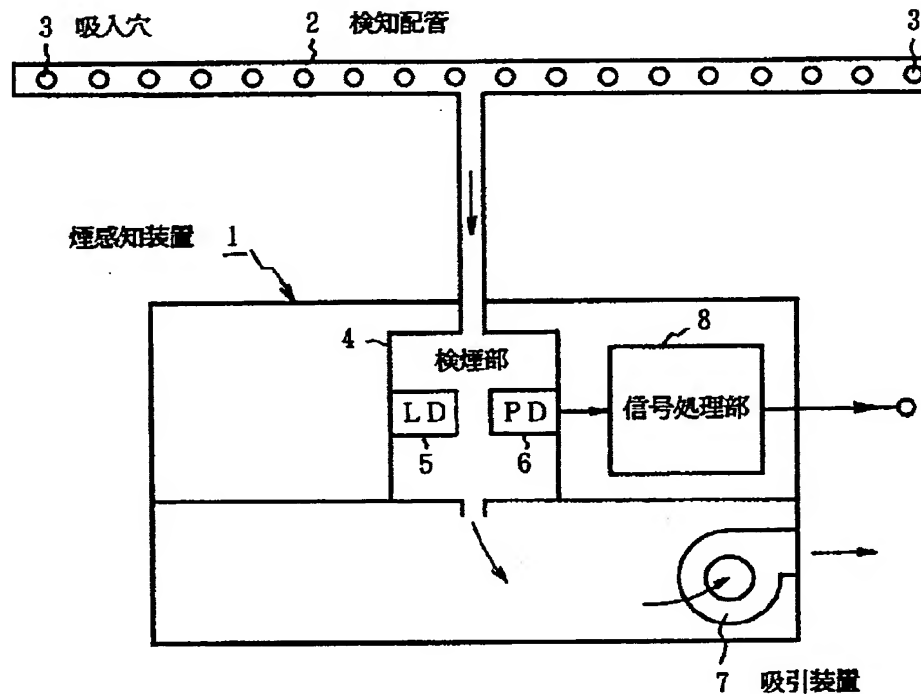
27：パルス幅変換テーブル

30：試験発光回数変換テーブル

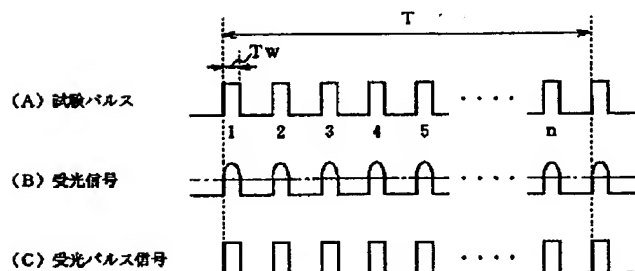
32：試験パルス発生部

*

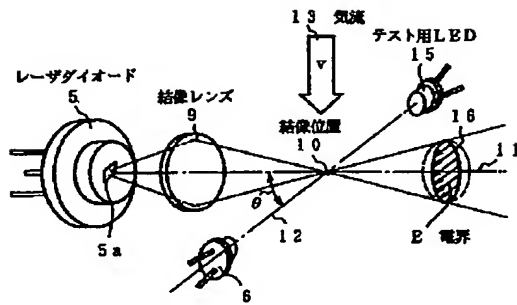
【図1】



【図6】



【図2】



【図5】

(A)

| 粒子透過速度 (m/s) | 発光パルス幅 (μs) |
|-----------------|----------------|
| 1.0 m/s | 60 μs |
| 2.0 m/s | 30 μs |

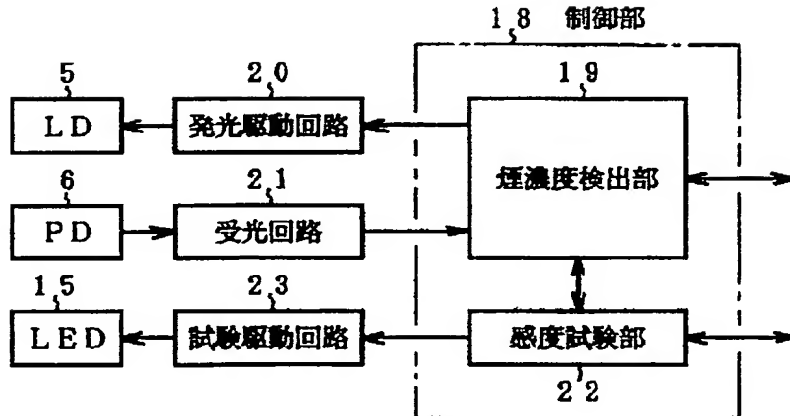
(B)

| 煙濃度 (%/m) | カウント数 (個/s) |
|--------------|----------------|
| 0.05 | 25 |
| 0.10 | 50 |
| 0.15 | 75 |
| 0.20 | 100 |

(C)

| 煙濃度 (%/m) | カウント数 (個/s) |
|--------------|----------------|
| 0.05 | 50 |
| 0.10 | 100 |
| 0.15 | 150 |
| 0.20 | 200 |

【図3】



【図4】

